



高圧下での巨大ひずみ加工の現状

著者	堀田 善治, 増田 高大, 唐 永?, 瀧沢 陽一
巻	69
号	7
ページ	366-367
発行年	2019-07
その他のタイトル	Research for Severe Plastic Deformation under High Pressure
URL	http://hdl.handle.net/10228/00007986

〈九州支部の研究室紹介〉

高圧下での巨大ひずみ加工の現状

Research for Severe Plastic Deformation under High Pressure

堀田 善治^{1,2,3,4}・増田 高大^{1,2,5}・唐 永鵬^{1,2}・瀧沢 陽一^{1,2,6}

Zenji HORITA, Takahiro MASUDA, Yongpeng TANG and Yoichi TAKIZAWA

¹九州大学大学院工学研究院 〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡744 E-mail: horita@zaiko.kyushu-u.ac.jp

²九州大学カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所 〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡744

³現 九州工業大学大学院 工学研究院基礎科学研究系 〒804-8550 福岡県北九州市戸畑区仙水町1-1

⁴現 佐賀大学シンクロトン光応用研究センター 〒840-8502 佐賀県佐賀市本庄町1番地

⁵現 横浜国立大学大学院工学研究院 〒240-8501 神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台79-5

⁶現 長野鍛工株式会社 〒381-0003 長野県長野市穂保291-1

2009年第59巻7号の軽金属誌で九州支部特集が組まれた際に、九州大学における巨大ひずみ加工プロセスについて紹介した¹⁾。今回の特集では、その後の装置大型化に関する展開について追記することにする。

巨大ひずみ加工プロセスの中で、HPT (High-Pressure Torsion) 法²⁾やHPS (High-Pressure Sliding) 法³⁾では高圧を印加しながらひずみを導入する。高圧印加により試料への拘束力が高まり、延性が低い場合でも試料が割れることなく大量にひずみが導入できる利点がある。しかしながら、一方では試料サイズが小さいという制限があった。いずれの装置も最大容量は50トンであったが、その後、両者とも500トンまで容量を上げることができた。特に、後者のHPS装置は関東経済産業局戦略的基盤技術高度化支援事業（通称サポイン事業）のもとに長野鍛工株式会社と共同で大型化したものである⁴⁾。このように、装置の容量を10倍大きくすることで、図1および図2に示すように、試料サイズを面積的に10倍大きくすることができた。HPTの場合は、印加圧力が6GPaであれば、図1に示すように直径10mmから30mmまで大きくできる。試料の拘束力は材料強度にもよるが、試料と金型間のすべりを抑制して効果的にひずみを導入するには少なくとも1GPa以上の圧力は必要とされる⁵⁾。もし印加圧力が1GPaであれば、試料サイズは500トン容量のHPT装置で直径80mmまで大きくできることになる。著者らのグループでは、この500トン容量のHPT装置を使い、直径30mmのMg合金(AZ31, AZ61)を6GPa（一部7GPa）の圧力のもとに適用した⁶⁾。室温にもかかわらず、HPTによる大量加工で結晶粒が150nmに超微細化でき、高温変形では超

塑性が確認できた⁶⁾。また、この500トンHPT装置を使い、Al-2wt%Fe合金のリング状試料（外径100mm、内径94mm、幅3mm）を加工したところ、結晶粒径は170nmに超微細化され、600MPaを超える室温引張強度が得られた⁷⁾。

HPSの場合に対しては、図2のように印加圧力に応じた対応可能面積を示した。これまでに、板幅15mm、長さ100mmのアルミニウム合金(AZ204)や板幅30mm、長さ100mmのマグネシウム合金(AZ61)に適応して結晶粒微細化を達成し、高温変形では超塑性伸びが得られることを確認した^{4), 8)}。

さらなる装置の大型化は設置に要する費用やスペースの問題も含むことになる。この問題を軽減する方策として、著者らのグループでは図3や図4に示すようなIF-HPT (Incremental Feeding HPT) 法⁹⁾やIF-HPS (Incremental Feeding HPS) 法¹⁰⁾を新たに考案した。前者では、円盤状金型と、大きさの異なるリング状金型を組み合わせながら加工領域を拡大する。後者では、図5に示すように加工ごとに試料を逐次送って加工領域を増やすことになる。いずれも(NEDO)「戦略的基盤技術高度化支援事業」のもとで進めた研究成果である。現在、印加圧力4GPaのもとIF-HPTでは直径60mmの円盤状試料ができて⁹⁾。IF-HPSではプロジェクトの対象がNi基超合金(Inconel 718)であるが、印加圧力4GPaのもと100×100mm²の板状試料が作製できている¹¹⁾。

HPS装置は棒材にも利用可能である^{12)~15)}。ただし、剪断ひずみは試料断面中央部に限られてくるため、図6のように試料長軸周りに回転し、試料全域にわたってひずみ導入領域を広げる必要がある。著者らのグループでは、現在直径16mmの棒材まで大きくできる状態にある¹⁶⁾。

参考文献

- 堀田善治：軽金属，**59** (2009)，385-388。
- P. W. Bridgman: Phys. Rev., **48** (1935), 825-847.
- T. Fujioka and Z. Horita: Mater. Trans., **50** (2009), 930-933.
- Y. Takizawa, T. Masuda, K. Fujimitsu, T. Kajita, K. Watanabe, M. Yumoto, Y. Otagiri and Z. Horita: Metall. Mater. Trans. A, **47** (2016), 4669-4681.
- K. Edalati, Z. Horita and T. G. Langdon: Scr. Mater., **60** (2009), 9-12.
- T. Masuda and Z. Horita: Mater. Trans., **60** (2019), in press.
- 増田高大，堀田善治：軽金属学会第132回春期大会講演概要，(2017)，187-188。
- 増田高大，瀧沢陽一，湯本 学，小田切吉治，堀田善治：日本金属学会誌，**80** (2016)，593-601。
- E. Shigeno, T. Komatsu, K. Sumikawa, T. Masuda, Y. Takizawa, M. Yumoto, Y. Otagiri and Z. Horita: Mater. Trans., **59** (2018), 1009-1012.

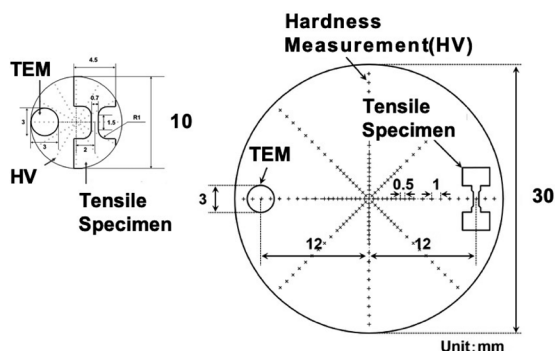


図1 直径10mm（左）と30mm（右）の円盤状試料それぞれ、50トンおよび500トン容量のHPT装置で6GPaの圧力が印加可能

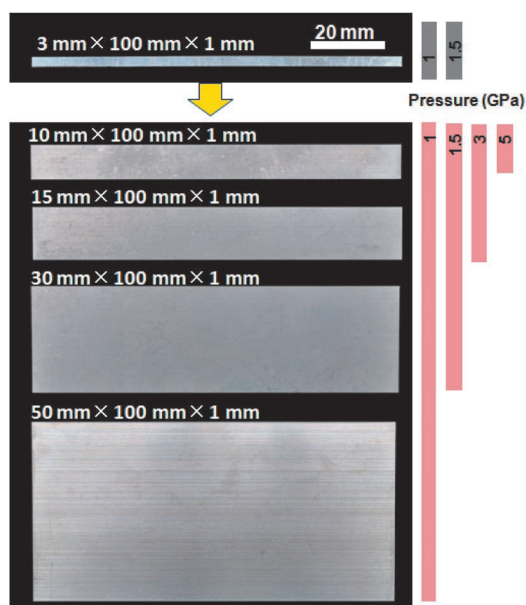


図2 50トンおよび500トン容量のHPS装置で使用可能な試料サイズ（左）と対応する印加圧力（右）

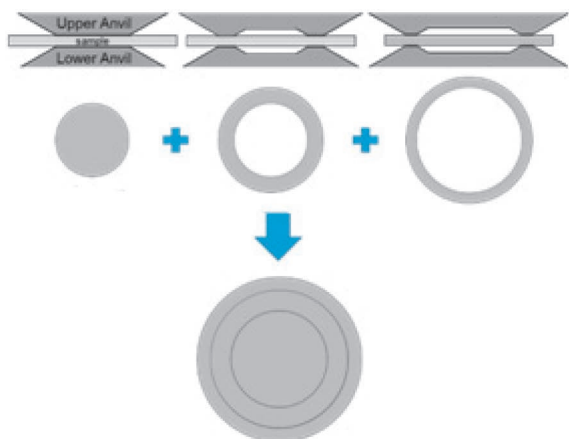


図3 IF-HPT法の模式図 1つの円盤状金型と直径の異なる2つのリング状金型を組み合わせた場合

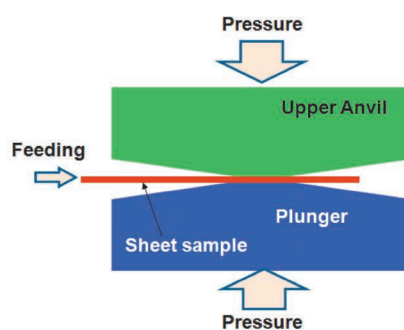
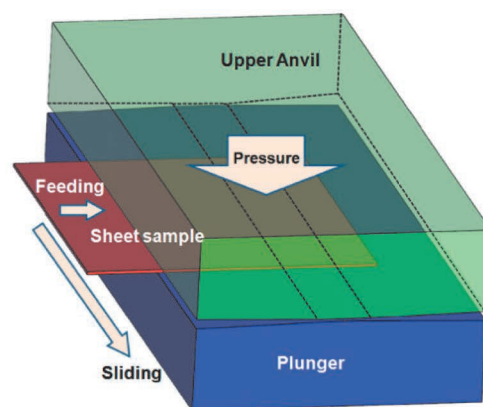


図4 IF-HPS法の模式図 立体図（上）と断面図（下）

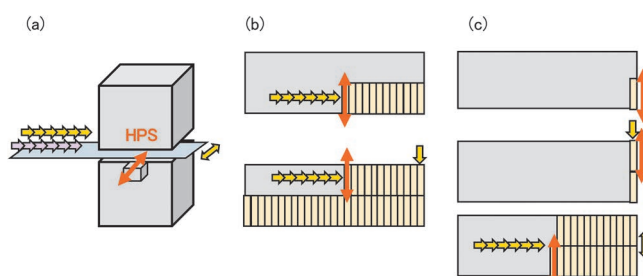


図5 IF-HPS法を利用した、大量生産を可能にする遂送技術との組み合わせ (a) 一次元的, (b), (c) 二次元的に改質領域を拡大

- 10) 瀧沢陽一, 渡部恭平, 梶田貴裕, 澄川考生, 増田高大, 湯本 学, 小田切吉治, 堀田善治: 日本金属学会誌, **82** (2018), 25–31.
- 11) Y. Takizawa, K. Sumikawa, K. Watanabe, T. Masuda, M. Yumoto, Y. Kanai, Y. Otagiri and Z. Horita: Metall. Mater. Trans. A, **49** (2018), 1830–1840.
- 12) 増田高大, 藤光利茂, 瀧沢陽一, 堀田善治: 軽金属, **65** (2015), 319–325.
- 13) T. Masuda, K. Fujimitsu, Y. Takizawa and Z. Horita: Let. Mater., **5** (2015), 258–263.
- 14) 増田高大, 藤光利茂, 瀧沢陽一, 堀田善治: 日本金属学会誌, **80** (2016), 128–133.
- 15) Y. Tang, K. Sumikawa, Y. Takizawa, M. Yumoto, Y. Otagiri and Z. Horita: Mater. Sci. Eng. A, **748** (2019), 108–118.
- 16) Y. Tang, Y. Takizawa, M. Yumoto, Y. Otagiri and Z. Horita: Mater. Sci. Eng. A, (2019), to be submitted.

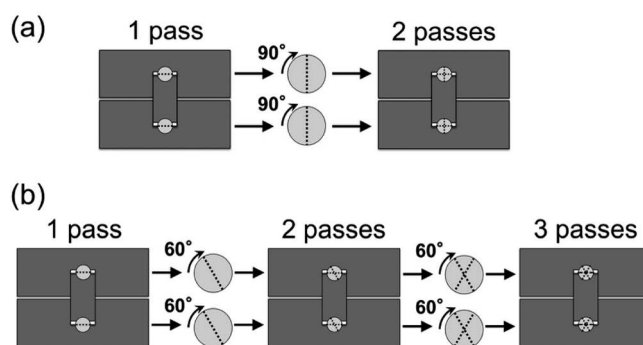


図6 HPS法で棒状試料を加工するときの模式図 (a) 長軸周りに90°回転させる場合, (b) 長軸周りに60°回転させる場合